

JENIS PAKAN MEMPENGARUHI PRODUKSI BIOGAS DARI FESES GAJAH, STUDI KASUS GAJAH SUMATERA (*Elephas maximus sumatranus* Temminck, 1847) DI TAMAN MARGASATWA RAGUNAN, JAKARTA SELATAN

*Type of Feed Affects Biogas Production from Elephant Feces, a Study Case of Sumatran Elephant (*Elephas maximus sumatranus* Temminck, 1847) in Ragunan Wildlife Park, South Jakarta*

Fuad Albani^a, Megga Ratnasari Pikoli^a, Irawan Sugoro^b

^aProgram Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Syarif Hidayatullah Jakarta – meggapikoli@uinjkt.ac.id

^bPusat Aplikasi Isotop Radiasi Badan Tenaga Nuklir Nasional, Lebak Bulus, Jakarta

Abstract. *Elephant dung is a source of methane gas, which the gas is the main contributor to greenhouse gas if not used as fuel. Wild elephants use grass leaves as their feed, but in Ragunan Wildlife Park, elephants are fed also with a combination of elephant grass, sweet potatoes, maize, and bananas, which aim to meet immediate nutritional needs and ensure their health. Therefore, this study examined the biogas production of elephant feces associated with the feed given. The purpose of this study is to investigate the contribution of biogas that is emitted from the elephant feces as a result of two kinds of feed, which were elephant grass and combination of elephant grass, sweet potatoes, maize, and bananas. Previously, the elephants were acclimatized for 4 days with the two types of feed. Fermentation of the feces was conducted by using simple fermenters by volume of 3.42 L for 28 days and performed measurements of temperature, pH, concentration of ammonia, concentration of volatile fatty acids, substrate degradation and production of biogas. The result showed that the composition of feed affects the physico-chemical characteristics of the feces, production of ammonia and volatile fatty acids, substrate degradation and production of biogas. The feces of Sumatran elephant fed with elephant grasses has higher potential for decomposition to mineralization into biogas and produce a higher proportion of methane gas carbon dioxide, than those fed with the combined feed. This result needs to be a concern because with the fiber-rich feed like in their natural habitats, elephants have the potential to emit higher gas emissions. Therefore the biogas released from the elephant feces or other animals should be processed and utilized to meet the energy needs in the wildlife park itself.*

Keywords: *Biogas, feces, feed, elephant.*

(Diterima: 03-06-2017; Disetujui: 14-02-2018)

1. Pendahuluan

Metana merupakan penyumbang gas rumah kaca, dengan potensi pemanasan global mencapai 28-36 kali selama 100 tahun dibandingkan dengan karbondioksida (United States Environmental Protection Agency, 2017). Hewan ternak dan peliharaan tercakup dalam sektor pertanian, kehutanan, dan penggunaan lahan lainnya, yang mengeluarkan emisi gas rumah kaca sebesar 24% dari emisi global (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014). Pada umumnya gas-gas yang bersumber dari hewan dikeluarkan dari fermentasi enterik dan feses. Bagian dalam yang utuh dari feses memiliki lingkungan mikro yang sesuai untuk pembentukan metana; dan walaupun belum terbentuk, peningkatan aktivitas bakteri aerobik dan jamur dapat menciptakan lingkungan anaerobik di mana bakteri metanogenik dapat berkembang (Saggar *et al.*, 2004). Oleh karena itu, pengolahan feses hewan menjadi penting dilakukan, misalnya dengan mengolahnya menjadi sumber energi, yang biasa disebut sebagai biogas.

Feses gajah merupakan salah satu bahan organik yang dapat menjadi sumber biogas. Penelitian-penelitian di Asia dan Afrika menunjukkan bahwa feses gajah menghasilkan jumlah biogas yang sebanding dengan feses dari hewan-hewan lainnya, seperti babi dan sapi (Kasisira dan Muiyia, 2009). Selain itu, besarnya jumlah feses yang dihasilkan menambah besarnya potensi feses gajah sebagai sumber biogas. Rata-rata seekor gajah mengeluarkan sekitar 100-130 kg feses per 200-270 kg pakan per hari (Sannigrahi, 2015). Feses gajah memiliki karakteristik tinggi serat pakan karena pencernaan gajah hanya mampu menyerap 40% nutrisi dari pakan yang dicerna dan selebihnya akan dibuang menjadi feses. Rendahnya penyerapan menyebabkan gajah cenderung banyak mengonsumsi pakan, dan karenanya menghasilkan banyak feses. Feses gajah secara alami mengalami dekomposisi yang relatif cepat dimulai, yaitu dalam 48 jam, yang diperankan oleh serangga dan komunitas jamur (Masunga *et al.*, 2006). Feses gajah yang hanya ditumpuk akan terdekomposisi secara alami dan menjadi sumber emisi metana, selain menjadi masalah yang mengganggu estetika. Namun demikian,

terbatasnya populasi gajah dibandingkan hewan-hewan yang diternakkan, menyebabkan potensinya sebagai penyumbang emisi metana kurang menjadi perhatian.

Taman Margasatwa Ragunan (TMR) merupakan lembaga konservasi *ex situ* yang memelihara gajah Sumatera (*Elephas maximus sumatranus* Temminck, 1847) sebagai hewan mamalia yang dilindungi. Berdasarkan pengamatan pendahuluan, feses gajah di TMR belum diolah ataupun dimanfaatkan. Selama ini feses gajah di TMR dimasukkan ke dalam lubang galian tanah, tanpa adanya proses pengelolaan limbah lebih lanjut. Gajah yang dipelihara biasanya diberi pakan berupa rumput gajah (*Pennisetum purpureum schaum*) sebagai pakan utama, yang ditambah pelengkap dari tanaman lain, seperti jagung (*Zea mays*), papaya (*Carica papaya*), pisang (*Musa paradisiaca*), wortel (*Dacus carota*), kelapa, sayuran seperti kacang panjang (*Vigna sp.*), tebu (*Saccharum officinarum*), dan ubi jalar (*Hipomoea batatas*). Oleh karena itu, penelitian kami menyelidiki bagaimana potensi biogas dari feses gajah Sumatera berdasarkan macam pakan gajah, yaitu pakan utama dan pakan kombinasi tersebut. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh macam pakan gajah terhadap potensi biogas yang dihasilkan dari feses gajah, sehingga nantinya dapat direkomendasikan pakan yang sebaiknya diberikan untuk mengurangi kontribusi emisi metana dari limbah feses gajah.

2. Metode Penelitian

2.1. Preparasi dan Pengambilan Sampel Feses Gajah

Pada saat pengambilan sampel terdapat 14 ekor gajah di TMR, yang berusia 30-35 tahun. Populasi gajah dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu kelompok yang akan diberi pakan rumput gajah dan kelompok yang akan diberi pakan kombinasi. Setiap kelompok terdiri atas 3 individu gajah yang akan diambil sampel fesesnya. Kelompok dengan perlakuan pakan rumput gajah hanya diberi pakan berupa 95 kg rumput gajah, sedangkan kelompok dengan perlakuan pakan kombinasi diberi pakan berupa 65 kg rumput gajah, dan masing-masing 10 kg pisang, ubi jalar, serta jagung. Jumlah pakan yang diberikan sesuai kebutuhan pakan harian gajah (Sukumar, 1989) dengan estimasi berat maksimal Gajah Asia (5000 kg) dikalikan 1,9% atau 95 kg. Macam pakan kombinasi mengikuti standar yang diberikan oleh TMR, yaitu untuk memenuhi kebutuhan nutrisi, vitamin, atau sumber energi-segera bagi gajah yang dipelihara.

Sebelum dilakukan sampling feses, gajah terlebih dahulu diaklimatisasi dengan jenis pakan yang akan diujikan selama 4 hari untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian. Pengambilan feses gajah dilakukan pada hari ke-5 setelah masa aklimatisasi selesai. Sampling dilakukan dengan cara komposit, yaitu keseluruhan feses yang dihasilkan melalui proses defekasi oleh gajah pada masing-masing

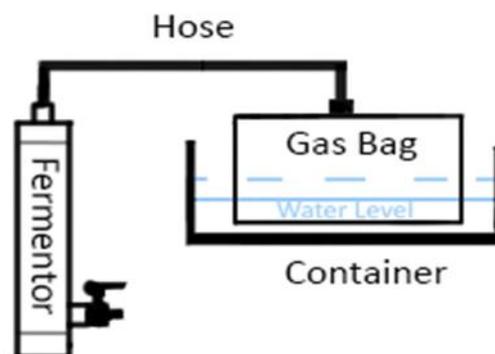
kelompok perlakuan uji pada hari ke-5 dikumpulkan menjadi satu.

2.2. Pengukuran Karakteristik Fisika Kimia Feses Gajah

Karakteristik fisika kimia dari feses gajah hasil aklimatisasi dengan pakan uji yang diukur di antaranya adalah suhu, kadar air, kadar bahan organik, dan rasio C/N. Suhu diukur menggunakan termometer digital. Kadar air dan kadar bahan organik diukur menggunakan metode *Association of Official Analytical Chemists* (1999) yang dimodifikasi. Rasio C/N diukur dengan mengukur kadar C-organik dengan metode spektrofotometri dan kadar N-organik menggunakan metode Kjeldahl (Agus *et al.*, 2005).

2.3. Fermentasi Feses Gajah

Sampel feses pada hari ke-5 setelah masa aklimatisasi dikumpulkan dalam satu wadah, kemudian dicampur rata. Setelah feses tercampur rata, 1 kg feses ditambah dengan 1 L aquadest dan 5 g ragi merek fermipan sebagai pembuat kondisi anaerob, setelah itu diaduk rata dan dimasukkan ke dalam fermentor (Gambar 1). Lama proses fermentasi sampel adalah 28 hari sejak dimasukkannya sampel ke dalam fermentor. Fermentor diletakkan pada suhu ruang untuk merepresentasikan keadaan alami di TMR.



Gambar 1. Skema Fermentor dan Gas Collector

Karakteristik fermentasi yang diukur adalah suhu, pH, amonia, *Volatile Fatty Acids* (VFA), degradasi substrat, uji *Most Probable Number* (MPN), perhitungan volume total gas, dan proporsi komponen penyusun biogas pada hari ke-7, 14, 21 dan 28. Pengukuran suhu menggunakan TDS-3 HM Digital. Pengukuran pH menggunakan pH meter Hanna. Pengukuran konsentrasi ammonia menggunakan metode mikrodifusi Conway. Pengukuran konsentrasi VFA menggunakan metode teknik destilasi uap (General Laboratory Procedure, 1966).

Pengukuran volume gas dilakukan dengan menggunakan prinsip Archimedes, yaitu setiap interval 7 hari gas yang tertampung pada gas bag dimasukkan ke dalam *container box* berskala yang berisi air dengan volume terukur. Pertambahan volume air dari *container box* tersebut kemudian dicatat sebagai volume biogas yang dihasilkan. Komponen gas yang terbentuk

diperiksa dengan menggunakan alat MRU Vario Plus Gas Analyzer.

2.4. Analisis Data

Setiap parameter diperiksa dengan dua kali pengulangan. Data yang diperoleh dianalisis dengan uji statistik *independent samples T-test* pada taraf signifikansi 95%. Analisis ini menggunakan program Statistical Product and Service Solutions (SPSS) V.23.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Karakteristik Fisika dan Kimia Feses

Hasil pengukuran karakter fisika-kimia dari feses gajah tidak menunjukkan perbedaan berdasarkan uji statistik *independent samples T-test* (Tabel 1). Hasil ini menunjukkan bahwa pemberian pakan tidak memberikan pengaruh terhadap karakteristik fisika dan kimia dari feses gajah. Suhu feses gajah kedua perlakuan berkisar antara 36-37°C. Suhu tersebut masih dalam kisaran normal suhu feses gajah yang berkisar 36-38°C (Urley, 1997). Menurut Sukumar (2003) suhu yang dihasilkan oleh feses gajah dapat dipengaruhi oleh pakan, tingkat metabolisme, dan kesehatan gajah. Hal ini berarti kedua perlakuan pakan yang diberikan tidak memengaruhi suhu feses yang dihasilkan gajah.

Tabel 1. Karakteristik fisika dan kimia feses gajah

Parameter	Perlakuan Pakan	
	Rumput gajah	Kombinasi
Suhu (°C)	37±1.00	36±0.58
Rasio C/N	35.89±2.06	38.37±3.05
Kadar bahan organik (%)	93.33±2.43	94.73±0.40
Kadar air (%)	87.99±1.90	79.13±6.97

Rasio C/N kedua perlakuan termasuk dalam katagori tinggi sebagai bahan baku biogas dan akan memengaruhi volume biogas yang dihasilkan. Kisaran rasio C/N untuk dihasilkan biogas adalah 25-30 (Triatmojo, 2004). Jika rasio C/N terlalu tinggi, maka nitrogen akan cepat diasimilasi oleh mikroorganisme untuk memenuhi kebutuhan protein dan tidak akan tersedia lagi untuk mengimbangi karbon yang tersisa, sehingga produksi biogas akan berkurang. Jika rasio C/N terlalu rendah, maka nitrogen akan tersedia bebas dan terakumulasi dalam bentuk amonia. Kondisi ini akan meningkatkan pH fermentor yang akan menyebabkan efek toksik bagi mikroorganisme metanogen (Abbasi *et al.*, 2012).

Rasio C/N yang terkandung dalam feses gajah akan berhubungan dengan kadar bahan organik dari feses. Kadar bahan organik dari suatu bahan memiliki urgensi dalam proses fermentasi biogas, karena merepresentasikan fraksi dari bahan yang dapat diubah menjadi biogas. Kisaran kadar bahan organik (*volatile solids*) yang berasal dari feses adalah 70-90% (Wilkie,

2015). Kedua feses perlakuan pakan memiliki kandungan bahan organik yang melebihi kisaran tersebut, yang mendukung proses fermentasi. Biasanya semakin besar kandungan organik pada bahan baku, maka akan semakin mudah untuk dapat didegradasi menjadi produk-produk fermentasi (Sanjaya *et al.*, 2015). Namun demikian, meskipun kadar bahan organik adalah indikator dari potensi produksi metana, kandungan spesifik metana berdasarkan kandungan bahan organik tidak selalu konstan. Hal ini karena komposisi penyusun bahan organik terdiri atas materi yang mudah didegradasi seperti lemak, protrein, dan karbohidrat, serta materi yang sulit didegradasi, seperti lignoselulosa, kompleks polisakarida, protein struktur (keratin) dan materi lainnya yang dapat berbeda-beda pada setiap bahan baku (Wilkie, 2015).

Kadar air yang terkandung dalam feses gajah tidak menunjukkan perbedaan di antara kedua perlakuan pakan, berdasarkan uji *independent samples T-test*. Kadar air dari kedua perlakuan tersebut kurang dari 90%, padahal aktivitas normal dari mikroorganisme metanogenik membutuhkan kadar air sekitar 90% untuk dapat mengoptimalkan proses fermentasi (Wiratma *et al.*, 2012). Oleh karena itu, kadar air yang terkandung dalam feses gajah tidak mendukung pembentukan biogas yang segera, sehingga air harus ditambahkan ketika menjadikannya sebagai bahan baku biogas.

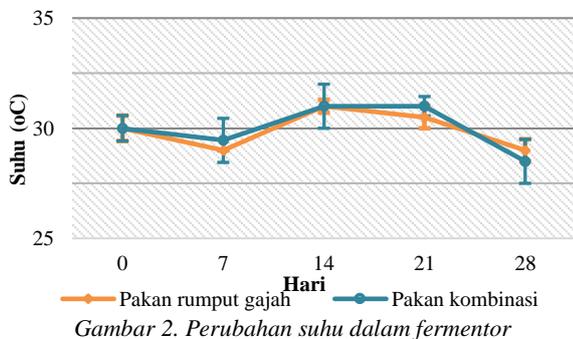
3.2. Karakteristik Feses Gajah Selama Fermentasi

Hasil pengamatan parameter suhu dalam fermentor perlakuan pakan rumput gajah maupun perlakuan pakan kombinasi mengalami perubahan selama masa fermentasi. Suhu tertinggi adalah 31°C pada hari ke-14 untuk kedua perlakuan, dan terendah sebesar 29°C pada perlakuan pakan rumput gajah, serta sebesar 28.5°C pada perlakuan pakan kombinasi (Gambar 2). Perubahan suhu selama masa fermentasi pada kedua perlakuan menunjukkan pola yang tidak berbeda. Berdasarkan uji *independent samples T-test*, suhu fermentor yang dibandingkan setiap interval 7 hari tidak menunjukkan perbedaan pada kedua perlakuan.

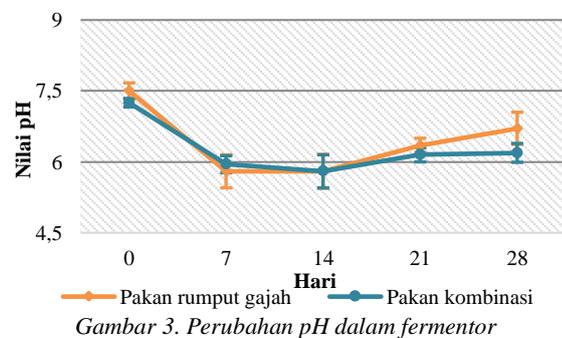
Peningkatan suhu menunjukkan proses degradasi anaerobik dari terdekomposisinya senyawa-senyawa organik, yang berlangsung pada rentang suhu mesofilik (25-40°C) hingga rentang termofilik (50-60°C) (Gerardi, 2003). Dengan demikian, suhu yang dihasilkan dari proses degradasi anaerobik pada perlakuan pakan rumput gajah maupun perlakuan pakan kombinasi berada dalam kategori suhu mesofilik. Pada rentang suhu tersebut bakteri mesofilik dapat menoleransi fluktuasi suhu ±3°C tanpa mengurangi secara signifikan keluaran metana (Weiland, 2010).

Proses perubahan suhu pada fermentor akan memengaruhi proses metabolisme mikroorganisme yang akan berdampak pada perubahan pH fermentor. Hasil pengamatan parameter pH fermentor pada kedua perlakuan memiliki pola perubahan yang serupa seiring waktu (Gambar 3). Hal ini didukung oleh hasil uji *independent samples T-test*, yaitu nilai pH fermentor yang dibandingkan setiap interval 7 hari tidak

menunjukkan perbedaan pada kedua perlakuan. Nilai pH tertinggi terjadi pada hari ke-0 sebesar 7.5 pada perlakuan pakan rumput gajah dan 7.25 pada perlakuan pakan kombinasi. Sementara itu nilai pH terendah terjadi pada hari ke-14 sebesar 5.8 pada kedua perlakuan.



Gambar 2. Perubahan suhu dalam fermentor



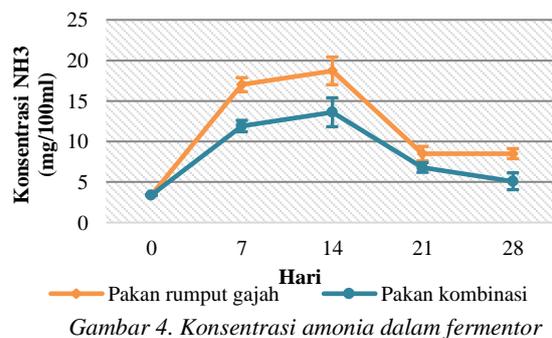
Gambar 3. Perubahan pH dalam fermentor

Nilai pH optimum untuk keseluruhan proses degradasi anaerobik adalah 6.8-7.4 (Ertem, 2011). Perubahan pH pada kedua perlakuan tidak masuk dalam katagori pH yang optimum untuk proses degradasi anaerobik. Perubahan pH ini diduga disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor pertama adalah tahapan fermentasi yang sedang berlangsung. Penurunan pH dari hari ke-0 ke hari ke-7 dapat diasumsikan bahwa mikroorganisme asidogenesis aktif mengonversi produk-produk hasil hidrolisis. Asam amino, asam lemak, dan gula sederhana dari tahap hidrolisis difermentasikan untuk membentuk VFA seperti asam laktat, propionat, butirat, dan valerat pada tahapan ini. VFA yang dihasilkan ini dapat menurunkan nilai pH, jika konsentrasinya terlalu tinggi. Faktor kedua adalah konsentrasi amonia yang dapat memengaruhi pH menjadi alkali, jika konsentrasinya terlalu tinggi (Abbasi *et al.*, 2012).

Pengukuran konsentrasi amonia fermentor dilakukan untuk menggambarkan degradasi protein pada feses gajah. Hasil pengukuran konsentrasi amonia menunjukkan terdapat pola perubahan konsentrasi amonia yang serupa, tetapi memiliki perbedaan nilai pada kedua perlakuan selama proses fermentasi 28 hari (Gambar 4). Hal ini didukung oleh hasil uji *independent samples T-test*, yaitu konsentrasi amonia fermentor yang dibandingkan setiap interval 7 hari menunjukkan perbedaan pada kedua perlakuan. Konsentrasi amonia tertinggi pada kedua perlakuan terjadi pada hari ke-14

sebesar 18.7 mg/100 ml pada perlakuan pakan rumput gajah dan 13.6 mg/100 ml pada perlakuan pakan kombinasi. Sementara itu, konsentrasi amonia terendah terjadi pada hari ke-0 sebesar 3.4 mg/100 ml pada kedua perlakuan.

Amonia dapat terkandung dalam bahan baku ataupun diproduksi saat proses degradasi (Ertem, 2011). Keberadaan amonia dalam fermentor ini dapat berpengaruh positif maupun negatif. Ion amonium dapat digunakan sebagai sumber nutrisi, tetapi di sisi lain seiring dengan peningkatan pH akibat jumlah amonia bebas yang bertambah dapat bersifat toksik bagi mikroorganisme metanogenik (Gerardi, 2003). Molekul amonia yang bersifat hidrofobik dapat berdifusi ke dalam sel, menyebabkan tidak seimbang proton dan kekurangan kalium. Namun demikian, konsentrasi amonia di bawah 20 mg/100 ml dapat menghasilkan kapasitas buffer bagi sistem yang menguntungkan bagi mikroorganisme (Chen *et al.*, 2008). Dengan demikian, konsentrasi amonia pada kedua perlakuan pakan termasuk yang mendukung aktivitas mikroorganisme metanogenik.

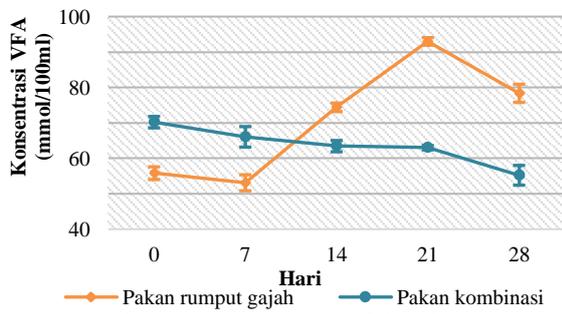


Gambar 4. Konsentrasi amonia dalam fermentor

Hasil pengamatan VFA menunjukkan terdapat perubahan dan perbedaan nilai konsentrasi VFA, baik pada perlakuan pakan rumput gajah, maupun perlakuan pakan kombinasi selama proses fermentasi 28 hari (Gambar 5). Perbedaan ini didukung oleh hasil uji *independent samples T-test*, yang menunjukkan perbedaan pada kedua perlakuan. Konsentrasi VFA tertinggi terjadi pada hari ke-21 sebesar 93 mmol/100 ml pada perlakuan pakan rumput gajah dan hari ke-0 sebesar 70,20 mmol/ 100 ml pada perlakuan pakan kombinasi. Sementara itu konsentrasi VFA terendah terjadi pada hari ke-7 sebesar 53.10 mmol/100 ml pada perlakuan pakan rumput gajah dan di hari ke-28 sebesar 55.20 mmol/100 ml pada perlakuan pakan kombinasi.

Peningkatan konsentrasi VFA mengindikasikan bahwa mikroorganisme dalam fermentor aktif memecah substrat menjadi VFA. Penurunan konsentrasi VFA mengindikasikan bahwa mikroorganisme menggunakan VFA untuk metabolismenya yang kemudian dapat dijadikan asetat, hidrogen, dan karbon dioksida pada tahap asetogenesis. Kondisi berbeda terjadi pada perlakuan pakan kombinasi, konsentrasi VFA yang cenderung terus mengalami penurunan diduga disebabkan oleh kurangnya aktivitas bakteri asidogenesis dalam memproses produk tahapan hidrolisis, sedangkan tingkat asimilasi VFA lebih tinggi. Konsentrasi VFA

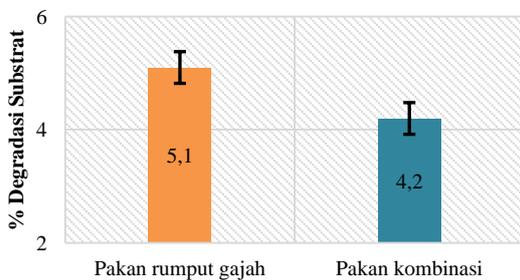
yang didapat dari hasil penelitian ini lebih rendah jika dibandingkan dengan konsentrasi VFA dari fermentasi campuran feses sapi dan ampas tebu, yang tertinggi sebesar 275 mmol pada hari ke-30 (Saputra *et al.*, 2010).



Gambar 5. Konsentrasi VFA dalam fermentor

3.3. Presentase Degradasi Substrat

Presentase degradasi substrat yang berasal dari feses gajah, baik pada perlakuan pakan rumput gajah, maupun perlakuan pakan kombinasi, memiliki nilai yang berbeda setelah 28 hari (Gambar 6). Persentase degradasi substrat menunjukkan adanya aktivitas metabolisme mikroorganisme dalam mendegradasi polimer seperti karbohidrat, protein dan lemak yang berasal dari feses gajah. Perbedaan nilai presentasi ini juga didukung oleh hasil uji *independent samples T-test*.



Gambar 6. Persentase degradasi substrat feses gajah setelah 28 hari

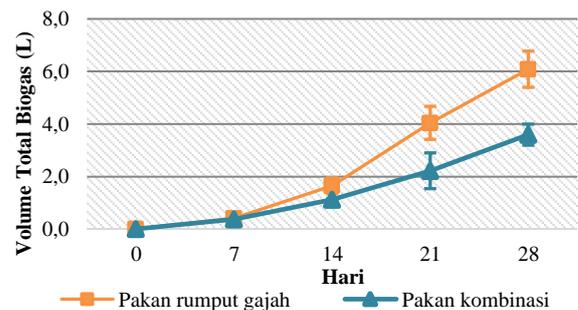
Semakin tinggi nilai degradasi suatu substrat maka akan semakin tinggi aktivitas mikroorganisme dan produk fermentasi yang dihasilkannya. Kondisi ini dapat menyebabkan konsentrasi amonia, VFA, maupun produksi gas meningkat. Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran amonia dan VFA yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5, serta hasil pengukuran gas pada Gambar 7.

Perlakuan pakan rumput gajah memiliki konsentrasi amonia, VFA dan produksi gas yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan pakan kombinasi. Degradasi bahan organik dari feses gajah selama masa fermentasi 28 hari ini termasuk sangat rendah jika dibandingkan dengan feses hewan lainnya. Nilai degradasi bahan organik dari feses sapi sebesar 47% dengan produksi biogas sebesar 0,15 L per kg bahan organik (Abubakar dan Ismail, 2012). Sementara itu, degradasi feses gajah tertinggi, yaitu pada perlakuan pakan rumput gajah di penelitian ini, hanya 5.1%, tetapi

dengan konsentrasi biogas hingga 5.42 L per kg bahan organik. Hal ini menunjukkan adanya efisiensi yang tinggi dari penggunaan substrat rumput gajah dalam feses untuk terminalisasi menjadi gas.

3.4. Produksi dan Komposisi Biogas

Hasil dari produksi gas menunjukkan peningkatan seiring waktu pada perlakuan pakan rumput gajah dan perlakuan pakan kombinasi selama masa fermentasi 28 hari (Gambar 7). Berdasarkan hasil uji *independent samples T-test* produksi gas yang dibandingkan setiap interval 7 hari menunjukkan perbedaan pada kedua perlakuan. Gas hasil fermentasi feses gajah mulai teramati pada hari ke-7 inkubasi. Perlakuan pakan rumput gajah menghasilkan gas sebesar 0.41 L, sedangkan pada perlakuan pakan kombinasi menghasilkan 0.38 L. Produksi maksimal gas pada masing-masing perlakuan terjadi pada hari ke-28, dan cenderung akan terus meningkat. Perlakuan pakan rumput gajah selama 28 hari menghasilkan 6.08 L gas, sedangkan pada perlakuan pakan kombinasi menghasilkan 3.59 L.

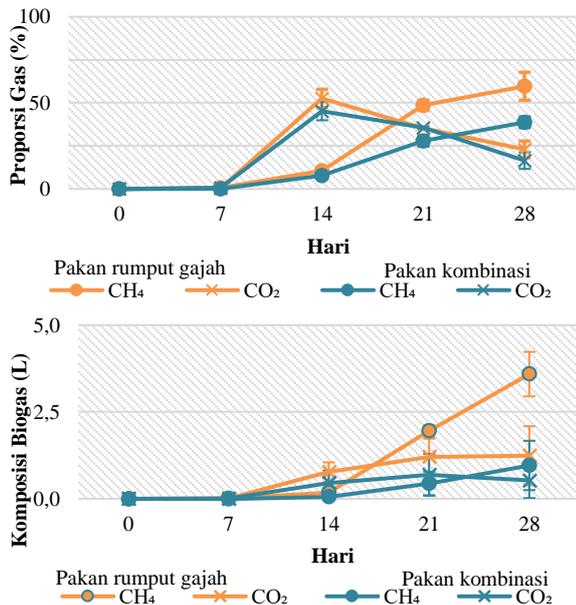


Gambar 7. Volume total biogas yang dihasilkan selama masa fermentasi

Produktivitas gas dapat dipengaruhi oleh kandungan organik dari substrat yang difermentasi, tetapi pada penelitian ini baik kandungan organik maupun rasio C/N tidak terlalu terpaut jauh dan tidak berbeda secara statistik (Tabel 1). Kemungkinan penyebab utama tingginya produksi gas oleh perlakuan pakan rumput gajah adalah konsentrasi VFA. Konsentrasi VFA yang dihasilkan oleh perlakuan pakan rumput gajah terlihat lebih tinggi dibandingkan perlakuan pakan kombinasi mulai setelah hari ke-7 sampai ke-28 (Gambar 5). VFA merupakan senyawa perantara untuk dapat menghasilkan biogas yang dihasilkan pada tahapan asidogenesis. VFA akan diubah menjadi asam asetat, gas karbon dioksida dan gas hidrogen pada tahap asetogenesis, baru kemudian diubah menjadi metana pada tahap methanogenesis (Weiland, 2010).

Proporsi metana pada kedua perlakuan memiliki perbedaan, berdasarkan uji *independent samples T-test*, tetapi proporsi karbon dioksida pada kedua perlakuan tidak memiliki perbedaan (Gambar 8). Proporsi gas metana pada kedua perlakuan mencapai puncaknya pada hari ke-28, sebesar 59.64% pada perlakuan pakan rumput gajah, sedangkan pada perlakuan pakan kombinasi mencapai 38.73%. Sementara itu, proporsi gas karbon dioksida pada kedua perlakuan mencapai

puncaknya pada hari ke-14 sebesar 52.6% pada perlakuan pakan rumput gajah dan sebesar 45.19% pada perlakuan pakan kombinasi.



Gambar 8. Komposisi biogas yang dihasilkan selama masa fermentasi 28 hari (atas: proporsi gas (%); bawah: volume biogas (L))

Secara total volume gas yang dihasilkan, komposisi gas metana terus mengalami peningkatan pada kedua perlakuan, sedangkan komposisi gas karbon dioksida mengalami penurunan pada hari ke-28 (Gambar 8). Produksi gas metana maksimal terjadi pada hari ke-28, pada perlakuan 1 sebesar 3.63 L, sedangkan pada perlakuan 2 sebesar 1.39 L. Hasil berbeda ditunjukkan pada komposisi gas karbon dioksida dengan produksi maksimal terjadi pada hari ke-21, perlakuan pakan rumput gajah menghasilkan 1.42 L, sedangkan perlakuan pakan kombinasi menghasilkan 1.39 L.

Gas metana yang mulai terbentuk pada hari ke-7 dapat disebabkan prekursor yang tersedia (asam asetat, CO₂, dan H₂) masih terbatas dalam feses. Kemudian pada hari ke-14 sampai ke-28, mikroorganisme telah banyak menghasilkan prekursor dari proses degradasi feses, untuk membuat gas metana. Sementara itu, berkurangnya proporsi karbon dioksida dapat disebabkan oleh asimilasi oleh bakteri metanogenik, misalnya bakteri *Methanobacterium formicum* yang mengubah gas karbon dioksida dan hidrogen menjadi metana dan air melalui jalur hidrogenotrofik (Abbasi *et al.*, 2012). Berdasarkan perbandingan pada kedua perlakuan pakan, feses dari gajah yang diberi pakan berupa rumput gajah menghasilkan proporsi gas metana:karbondioksida yang lebih tinggi daripada feses dari gajah yang diberi pakan kombinasi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil-hasil yang telah diuraikan, feses gajah Sumatera di Taman Margasatwa Ragunan yang diberi pakan rumput gajah berpotensi lebih tinggi untuk

terdekomposisi hingga termineralisasi menjadi biogas dan menghasilkan proporsi gas metana:karbondioksida yang lebih tinggi, daripada yang diberi pakan kombinasi. Hal ini perlu menjadi perhatian karena dengan pakan yang kaya-serat seperti di habitat alamnya, gajah berpotensi mengeluarkan emisi gas yang tinggi.

Daftar Pustaka

- [1] Abbasi, T., S. M. Tauseef, S. A. Abbasi, 2012. Biogas Energy. Springer, Berlin.
- [2] Abubakar, B. S. U., N. Ismail, 2012. Anaerobic digestion of cow dung for biogas production. ARPN Journal of Engineering and Applied Science. 7(2), pp. 169-172.
- [3] Agus, F., Sulaeman, Suparto, Eviati, 2005. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian Pengembangan Teknologi (BPPT), Departemen Pertanian, Jakarta.
- [4] Association of Official Analytical Chemist, 1999. Official Methods of Analysis, 16th Edition. Association of Analytical Chemists, Washington DC.
- [5] Chen Y., J.J. Cheng, K.S. Creame, 2008. Inhibition of anaerobic digestion process: A review. Bioresource Technology. 99, pp. 4044-4064.
- [6] Ertem, F.C., 2011. Improving Biogas Production by Anaerobic Digestion of Different Substrates—Calculation of Potential Energy Outcomes. Thesis: Applied Environmental Science Halmstad University, Halmstad.
- [7] General Laboratory Procedure, 1996. Report of Dairy Science. University of Wisconsin, Madison.
- [8] Gerardi, M., 2003. The Microbiology of Anaerobic Digesters. John Wiley & Sons. Inc., New Jersey.
- [9] Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014. Mitigation of Climate Change, Chapter 11: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapter11.pdf [20 Agustus 2017].
- [10] Kasisira, L.L., N.D. Muiyiyi, 2009. Assessment of the effect of mixing pig and cow dung on biogas yield. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript PM 1329, XI, pp. 1-7.
- [11] Masunga, G.S., Ø. Andresen, J.E. Taylor, S.S. Dhillon, 2006. Elephant dung decomposition and coprophilous fungi in two habitats of semi-arid Botswana. Mycological Research. 110(10), pp. 1214-1226.
- [12] Saggat S., R. Bhandral, C.B. Hedley, J.A. Luo, 2004. Review of emissions of methane, ammonia, and nitrous oxide from animal excreta deposition and farm effluent application in grazed pastures. New Zealand J. Agric. Res. 47, pp. 513-544.
- [13] Sanjaya, D., A. Haryanto, Tamrin, 2015. Produksi biogas dari campuran kotoran sapi dengan kotoran ayam. Jurnal Teknik Pertanian Lampung. 4(2), pp. 127-136.
- [14] Sannigrahi, A.K., 2015. Beneficial utilization of elephant dung through vermicomposting. International Journal of Recent Scientific Research. 6(6), pp. 4814-4817.
- [15] Saputra, T., S. Triatmojo, A. Pertiwinigrum, 2010. Produksi biogas dari campuran feses sapi dan ampas tebu (baggase) dengan rasio C/N yang berbeda. Buletin Perternakan. 34(2), pp. 114-122.
- [16] Sukumar, R., 1989. The Asian Elephant: Ecology and Management. Cambridge Studies in Applied Ecology and Resource Management. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- [17] Sukumar, R., 2003. The Living Elephants: Evolutionary Ecology, Behavior and Conservation. Oxford University Press, New York.
- [18] Triatmojo, S., 2004. Diktat Penanganan Limbah Peternakan. Jurusan Teknologi Hasil Ternak, Fakultas Peternakan Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

- [19] Understanding Global Warming Potentials. <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials> [20 Agustus 2017].
- [20] Urley, D.E., S.D. Crissey dan H.F. Hintz, 1997. Elephants: Nutrition and Dietary Husbandry. Nutrition Advisory Group, Michigan.
- [21] Weiland, P., 2010. Biogas production: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 85, pp. 849-860.
- [22] Wilkie, A., 2015. Biogas a Renewable Biofuel; Feedstocks for Biogas Production. <http://biogas.ifas.ufl.edu/feedstocks.asp> [25 Mei 2016].
- [23] Wiratmana, I.P.A., I.G.K. Sukadana, I.G.N.P. Tenaya, 2012. Studi eksperimental pengaruh variasi bahan kering terhadap produksi dan nilai kalor biogas kotoran sapi. *Jurnal Energi dan Manufaktur*. 5(1), pp. 22-32.